



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Indeklima - Materialer - Byggeri

Jensen, Jens Kristian Jehrbo

*Publication date:*  
1992

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*  
Jensen, J. K. J. (1992). *Indeklima - Materialer - Byggeri*. Aalborg Universitetsforlag. U / Inst. for Bygningsteknik, Aalborg Universitet Nr. U9204

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

---

**INSTITUTTET FOR BYGNINGSTEKNIK**  
DEPT. OF BUILDING TECHNOLOGY AND STRUCTURAL ENGINEERING  
AALBORG UNIVERSITETSCENTER • AUC • AALBORG • DANMARK

---

**INDEKLIMA**

**MATERIALER**

**BYGGERI**

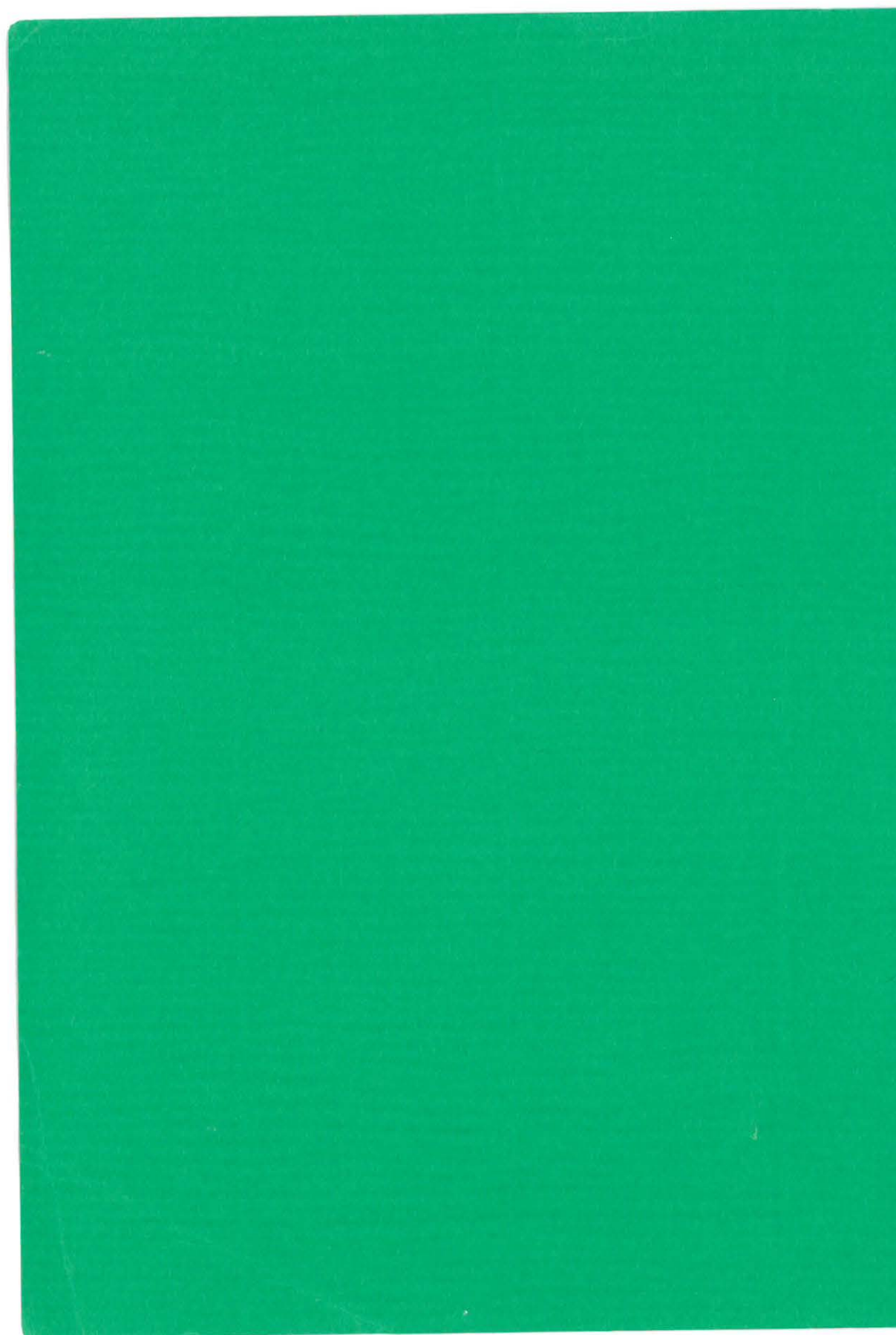
---

J. K. JEHRBO JENSEN  
INDEKLIMA MATERIALER BYGGERI  
JULI 1992

---

ISSN 0902-8005 U9204

---



---

**INSTITUTTET FOR BYGNINGSTEKNIK**  
DEPT. OF BUILDING TECHNOLOGY AND STRUCTURAL ENGINEERING  
AALBORG UNIVERSITETSCENTER • AUC • AALBORG • DANMARK

---

**INDEKLIMA**

**MATERIALER**

**BYGGERI**

---

J. K. JEHRBO JENSEN  
INDEKLIMA MATERIALER BYGGERI  
JULI 1992

---

ISSN 0902-8005 U9204

---



## INDHOLD

FORORD	1
INDLEDNING	2
INDEKLIMA	3
TERMISK MILJØ	4
Aktivitetsniveau	4
Beklædning	4
Omgivelser	4
ATMOSFÆRISK MILJØ	6
Vanddamp	6
Kuldioxid	7
Biofluenter	7
Tobaksrøg	7
Partikler, fibre og gasser	8
Mikroorganismer	8
Radon	9
MATERIALER	10
Metalliske materialer	10
Keramiske/uorganiske materialer	10
Organiske materialer	12
INDEKLIMASYNDROMET	16
AFGASNING	18
RENOVERING - SANERING	20
VALG AF MATERIALER	22
VENTILATION	24
SIKKERHED	25
INDEKLIMAUNDERSØGELSER	27
Rådhusundersøgelsen	28

GODE RÅD . . . . .	29
Fugt på mure, vægge m.m. . . . .	29
Gulvbelægning . . . . .	29
Inventar, møbler etc. . . . .	29
Rengøring . . . . .	29
Boligvaner . . . . .	30
Opvarmning . . . . .	30
Våde rum . . . . .	30
 FORSØGSBYGGERI . . . . .	 31
 AFSLUTNING . . . . .	 33
 LITTERATUR . . . . .	 34

## FORORD

I dette hæfte behandles emnerne *INDEKLIMA MATERIALER BYGGERI* med henblik på at opnå en forståelse af de begreber, der har betydning for menneskets velvære. Nogle af de vigtigste indeklimabegreber gennemgås og materialers fordele og ulemper belyses. Emner som afgang, materialevalg, depoteffekt, ventilation samt gode råd er centrale og dertil kommer en kort beskrivelse og evaluering af et forsøgsbyggeri.

Der findes en del litteratur om de fleste af emnerne, og hæftet er udarbejdet på grundlag af udvalgte dele, som det fremgår af litteraturlisten.

Hæftet vil være velegnet til undervisningsbrug, måske endda bedst til en studiekreds, hvor man får lejlighed til at dykke dybere ned i nogle af de mange delemner.

Hæftet tænkes anvendt ved universitetet, men andre interesserede er også velkomne til at anvende det.

Forfatteren modtager gerne kommentarer og står også til rådighed med yderligere oplysninger efter behov.

Hæftet erstatter det tidligere hæfte: "Noget om indeklima - især om materialer" fra 1988.

Renskrivningen er foretaget af Mette Bjerring, og tegninger og fotos er færdiggjort af Ingrid Christensen.

Begge bedes modtage min hjerteligste tak.

Juli 1992.

Jens Kr. Jøhrbo Jensen



## INDLEDNING

Mennesker opholder sig normalt de fleste af døgnet timer indendørs. Derfor er det vigtigt, at *indeklimaet* såvel på arbejdspladsen som i hjemmet er bedst muligt. På arbejdsmiljøområdet findes en lov, som bl.a. giver retningslinier for indretning af arbejdssteder og giver arbejdshygiejniske grænseværdier for stoffer og materialer. Der findes ikke en tilsvarende lov for boligområdet, og da indeklimabegrebet indeholder både tekniske og psykologiske bidrag, er det vanskeligt at give helt klare retningslinier for, hvordan et gunstigt indeklima skal pånås.

Der har i de senere år været mange klager over dårligt indeklima i kontorer, institutioner og andre arbejdspladser. Undersøgelser har vist, at det er vanskeligt at pege på en enkelt faktor, som er årsag til problemerne. Men at der er problemer, viser sygdomsstatistikken klart. Der er mange årsager til, at problemerne opstår: nye byggemetoder, for lidt ventilation, dårlige beboervaner, forkerte materialer, dårlig rengøring, forkert vedligeholdelse m.m.

For 50 år siden byggede man et hus af 300 forskellige materialer, i dag er tallet mindst 100 gange større. Og man kan kun i få tilfælde regne med at have et tilstrækkeligt kendskab til såvel kort- som langtidsegenskaberne for disse mange nye materialer, så man kan vurdere følgerne for indeklimaet.

Samspeilet mellem indeklima, materialer og byggeri belyses i dette hæfte.

## INDEKLIMA

Ordet *indeklima* dækker over en lang række faglige discipliner, som tilsammen tilsigter, at mennesket i et givet miljø befinder sig optimalt.

I følge verdenssundhedsorganisationen (WHO) omfatter sundhed både fravær af sygdomme og menneskets fysiske og psykiske velvære, dvs. en egentlig komfort.

Indeklimabegrebet omfatter derfor både fysiske og psykiske begreber, som alle har indflydelse på det enkelte menneske og dets komforttilstand.

I tabel 1 ses en oversigt over nogle af de fysiske og psykiske begreber, der har betydning for den samlede opfattelse af indeklimaet. De fysiske begreber har karakter af at være mere teknisk målelige størrelser i modsætning til psykiske.

Det er vigtigt at være klar over, at de psyko-sociale forhold har indflydelse på, hvordan det fysiske indeklima opfattes, og omvendt, at det fysiske indeklima kan påvirke den psykologiske tilstand. På den baggrund er det ikke mærkeligt, at det er vanskeligt at beskrive indeklima i rent tekniske vendinger.

De termiske og atmosfæriske indeklimafaktorer i relation til materialer og byggeri vil blive behandlet.

INDEKLIMAFAKTORER		
B E G R E B	----->	I N D F L Y D E L S E
<b>Fysisk indeklima</b>		
Termisk miljø	----->	Varmebalancen
Atmosfærisk miljø	----->	Åndedrættet
Akustisk miljø	----->	Lyd, støj
Aktivisk miljø	----->	Lys
Mekanisk miljø	----->	Føle- og smerteoplevelse
<b>Psykisk indeklima</b>		
Psyko-sociale miljø	----->	Samspil mellem mennesker og omgivelser.

Tabel 1: Indeklimafaktorer

## TERMISK MILJØ

Mennesket søger at være i termisk komfort, og det termiske miljø omfatter alle de parametre, der har indflydelse på menneskets varmebalance i den givne situation. Mennesket har et indbygget temperaturreguleringsystem, der gør, at den optimale kropstemperatur bliver 37°C. Så snart der indtræder afvigelser, som medfører, at legemets temperatur stiger, reagerer systemet ved, at blodtilførslen stiger, således af varmetabet bliver større. Varmeafgivelsen suppleres ved svedning, hvorved legemet afkøles pga. fordampning. Sker der derimod et temperaturfald, mindskes blodtilførslen for at nedbringe varmeafgivelsen, specielt i de livsvigtige områder af kroppen.

## Aktivitetsniveau

Mennesket udfører en række aktiviteter, som kræver energi. Denne energi opnås ved forbrænding af næring, og energiomsætningen angives normalt i enheden 1 met = 58 W/m<sup>2</sup> kropsareal. En stillesiddende person i afslappet tilstand har et stofskifte svarende til ca. 1 met, men det kan ved hårdt fysisk arbejde stige til 10-15 met.

## Beklædning

En vigtig faktor for vurderingen af den termiske komfort er den isolering, som beklædningen medfører. Den termiske modstand kaldes isolans og måles i enheden m<sup>2</sup>K/W. Den relative enhed 1 clo = 0,155 m<sup>2</sup>K/W. I nøgen tilstand er isolansen 0 clo, en let sommerbeklædning svarer til 0,5 clo, og en vinterbeklædning svarer til 1-1,5 clo. Herudover spiller det beklædte kropsareal målt i forhold til det nøgne areal også en rolle for varmebalancen.

## Omgivelser

De fire faktorer: lufttemperatur, middelstrålingstemperatur, lufthastighed og luftfugtighed har alle betydning for det termiske indeklima.

*Lufttemperaturen* defineres som temperaturen i menneskets opholdszone målt uden for det opvarmede grænselag omkring selve personen. Temperaturen har betydning for varmeafgivelsen ved konvektion.

*Middelstrålingstemperaturen* defineres som den ensartede temperatur, man skal give alle flader, der omgiver mennesket, for at opnå samme varmeafgivelse ved stråling, som de aktuelle temperaturer medfører.

*Lufthastigheden* har betydning for de konvektive varmeafgivelser. En stillesiddende person oplever en lufthastighed på mere end 0,15 m/s som træk, og det medfører en dårligere komfort.

TEMPERATUR, °C	g vand /m <sup>3</sup> luft
5	5,4
10	7,7
15	10,7
20	14,8
25	20,0

Tabel 2: Maksimale mængde vand i luft.

*ikke ved normale deanslee temperaturforhold jfu. Fanger*

Luftfugtigheden er en væsentlig faktor for opnåelse af termisk komfort, fordi fordampningen af vand influeres heraf. Luft kan indeholde vanddamp, og jo højere temperatur jo mere vand kan luften indeholde.

Tabel 2 viser sammenhængen mellem temperatur og den maksimale mængde vand (g/m<sup>3</sup> luft).

Mætningsgraden defineres som mængden af vand i den aktuelle tilstand i forhold til den maksimale mængde vand, luften kan indeholde ved den samme temperatur.

Oftest anvendes begrebet den *relative luftfugtighed*, som defineres som det tryk, vanddampene udøver i den aktuelle tilstand i forhold til mætningstrykket ved den samme temperatur. Ved samme temperatur betyder en lavere relativ fugtighed, at der er mindre mængde vanddamp i luften målt absolut. Opvarmning af en given luft vil betyde, at den relative luftfugtighed falder.

Mennesket har ikke indbygget en hygrostat i sig i modsætning til en termostat. Derfor kan mennesket ikke direkte føle, om der er lav eller høj relativ luftfugtighed. Det betyder, at den samme relative luftfugtighed føles forskelligt alt efter, om temperaturen er lav (16-19°C) eller høj (24-26°C). Ved høj temperatur føles luften ofte trykkende og ubehagelig selv med et stort aktivitetsniveau og en let påklædning. Omvendt kan en lavere temperatur føles kold, når man sidder stille selv med en varm påklædning.

For at en person kan være i en rimelig teknisk komfort i en bolig, bør temperaturen være omkring 20-22°C og den relative luftfugtighed i området 40-60%

## ATMOSFÆRISK MILJØ

Den atmosfæriske lufts sammensætning og egenskaber har betydning for menneskets sundhed. Et menneske indånder og forbruger luftens ilt til stofskifteprocessen, og udåndingsluften indeholder den udviklede kuldioxid og vanddamp.

Ren luft har en sammensætning som vist i tabel 3.

Resten omfatter andre luftarter som Neon (Ne), Helium (He), Methan (CH<sub>4</sub>), Svovldioxid (SO<sub>2</sub>) m.fl.

Af betydning for det atmosfæriske indeklime er foruden indholdet af vanddamp og kuldioxid en række forureninger i form af:

- biofluenter fra mennesker
- tobaksrøg
- partikler, fibre og gasser
- mikroorganismer
- radon

På forskellig måde kan disse forureninger indvirke på menneskets helbred, f.eks. ved irritation af luftveje og slimhinder.

### Vanddamp

I en bolig vil der ud over det naturlige vandindhold tilføres 3-4 l vand/døgn pr. person, stammende fra madlavning, vask, tørring, menneskelige aktiviteter m.m. Da rumluften kun kan indeholde 12-15 g vand/m<sup>3</sup> luft kræves der en stor udskiftning af luften for at fjerne den dannede vanddamp.

Sker dette ikke, vil luftfugtigheden både relativt og absolut stige med det resultat, at der bliver bedre vækstmuligheder for mikroorganismer og støvmider ofte til skade for sundheden. Et absolut vandindhold på mere end 7-8 g vand/m<sup>3</sup> luft vil fremme væksten af støvmider.

BESTANDDELE		MÆNGDE
Luftart	Formel	Vol %
Kvælstof	N <sub>2</sub>	78,08
Ilt	O <sub>2</sub>	20,95
Argon	Ar	0,93
Kuldioxid	CO <sub>2</sub>	0,03
Rest		≈ 0,01

Tabel 3: Atmosfærisk luft.

Klassifikation af luft	Vol % CO <sub>2</sub>
God	< 0,10
Acceptabel	0,10-0,15
Dårlig	> 0,20

Tabel 4: Klassifikation af luft.

### Kuldioxid

*Kuldioxid* dannes ved udånding (4% vol), og det medfører, at luftens normale indhold på 0,03% vol forøges. Hvis luften ikke fornyes ved ventilation, kan det medføre, at luften ikke længere føles frisk. Erfaringer viser, at luften kan klassificeres efter stigende indhold af kuldioxid (som angivet i tabel 4).

### Biofluenter

*Biofluenter* udgør en lang række forureninger fra det menneskelige legeme, og de dannes ved den menneskelige aktivitet fra sved, hud, åndedræt m.m. Selv om disse biofluenter ikke er giftige, forurener de luften, og de kan skabe irritation af slimhinder og luftveje. Hovedgenen ved biofluenter er den, at de medfører lugtgener, som kan være meget forskellige fra individ til individ. Og der er også stor forskel på, om der er tale om lugt fra enkeltindivider eller fra en stor gruppe mennesker.

Det er vanskeligt at klassificere luften ud fra objektive lugtmålinger. Derfor må man anvende metoder, hvor man kombinerer lugtintensiteten af kendte stoffer med en vurdering af graden af acceptabel lugtniveau.

### Tobaksrøg

Mange undersøgelser har vist, at *tobaksrøg* er skadelig for sundheden, og at den kan give et ubehageligt indeklima. Tobaksrøg indeholder både tjære-partikler og en lang række gasser (kuloxid, aldehyder m.fl.), som indåndes og sætter sig i lungerne. Herudover vil tekstiler m.m. opsuge disse stoffer, og de nedbrydes til andre ildelugtende stoffer, som er svære at fjerne igen. Effekten af tobaksrøg er, dels at slimhinder og luftveje kan blive irriterede, dels at der kan ske en forøgelse af lungekræfttilfældene.

Undersøgelser viser endvidere, at passive rygere også er en udsat gruppe.

Som for biofluenter gælder det, at der kan ske en gradvis tilvænning af lugten. Det betyder, at man mærker den samme forurening forskelligt, alt efter om man kommer direkte ude fra den friske luft ind i et røgfylt lokale, eller om man har opholdt sig i det røgfylte lokale i længere tid.



For at bibringe luften den samme grad af renhed er det nødvendigt at ventilere med mindst 3 gange mere luft i forhold til normal ventilation.

### **Partikler, fibre og gasser**

*Partikler* i indeluften stammer fra såvel udendørs som indendørs forurening. Det kan nævnes, at husstøv indeholder mikroorganismer, pollen, skæl, hår, jord, tekstilfibre, træfibre, malingsrester m.m. Der er meget stor forskel på støvindholdet, alt efter om det er boliger, institutioner, kontorer eller andre arbejdspladser.

Partiklerne kan have forskellig størrelse. Nogle er så små, at de bliver respirable, d.v.s. de finder vej ned i lungerne. Det totale støvindhold i rumluften bør være så lille som muligt, d.v.s. mindre end 0,10 mg/m<sup>3</sup> luft, og et indhold på mere end 0,25 mg/m<sup>3</sup> luft er uacceptabelt. Tilsvarende kan det angives, at et indhold af deponeret støv på tekstiler m.m. på mere end 3000 partikler pr. m<sup>2</sup> overflade er uacceptabelt.

*Fibre* findes i mange loftsplader, og fiberdrys kan opstå, hvis pladerne ikke er sammenlimet med en vandfast lim. Ved vandskade vil en sådan plade drysse kraftigt efter tørring. Mineraluldsplader er normalt sammenlimet med en vandfast lim, men ved rystelser i anlæg m.m. kan der opstå drys. Man kan undgå dette ved forsegling af pladerne. Et mineraluldsfiberindhold i luften på mindre end 200 fibre/m<sup>3</sup> luft kræver ingen ekstra foranstaltninger, men mere end 1000 fibre/m<sup>3</sup> luft er uacceptabelt.

*Gasser* opstår ved afspaltning fra materialer som lime, maling, lakker m.m. Det er ikke ualmindeligt at finde 50 til 100 forskellige stoffer, hvis indflydelse på den menneskelige organisme ikke er kendt. Et af de velkendte stoffer er formaldehyd, som giver slimhindeirritationer m.m. Der er i dag sat grænse for, hvor meget formaldehyd, der må afspaltes fra plader m.m.

Materialerne afgasser forskelligt, og det betyder, at afgangstiden kan strække sig fra få dage til flere måneder. Ulempen ved et højt indhold af gasser er, at disse kan indåndes og give gener. Et større luftskifte og en højere temperatur fremmer afspaltningen.

### **Mikroorganismer**

*Bakterier, skimmelsvampe, vira og støvmider* udgør en del af luftens forureninger. Sygdomme kan spredes ved, at man ved udånding, hosten og nysen tilfører luften små vanddråber med sygdomskim. Når andre indånder luften, bliver de udsat for disse kim. Skimmelsvampe findes på steder med en høj fugtighed. Det ses i boliger som mugpletter ved kuldebroer og er næsten altid et tegn på for lidt udluftning.

Husstøvmider er velkendt i boliger, fordi de trives, hvor der er høj fugtighed. Sengemiljøet er det sted, hvor støvmiderne findes i overvejende grad, og hvor de gør størst skade. Det har vist sig, at specielt de døde mider og deres efterladenskaber

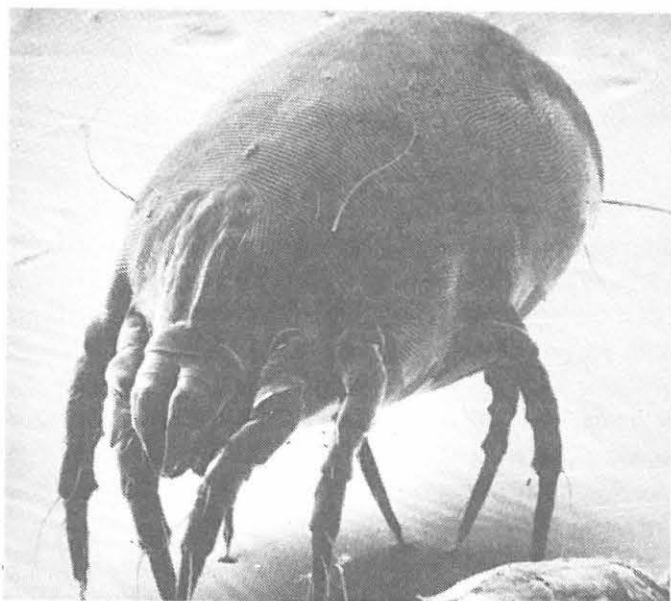
indeholder æggehvidestoffer, som kan give allergiske reaktioner hos de mennesker, der er disponeret herfor. Figur 1 viser en husstøvmide, der er ca. 0,2 mm lang og farveløs og derfor næsten usynlig med det blotte øje. De lever bedst af menneskets hudskæl i et antal fra ti til flere hundrede/gram skæl. Under 100 mider /g skæl må anses for at være ufarligt for allergikere.

### Radon

*Radon* er en lugtløs radioaktiv luftart, som dannes ved henfald af grundstoffet radium, som findes overalt i jordskorpens materialer. Radon omdannes efterhånden til de såkaldte radondøtre, som sætter sig på støvpartikler i luften. Ved indånding føres disse ned lungerne, og den deraf følgende radioaktive stråling kan bevirke udvikling af nye kræfttilfælde. Der regnes med ca. 100 nye tilfælde pr. år i Danmark.

Radon findes i stort set alle byggematerialer og dermed i alle huse. Men der er store geografiske forskelle. På direkte klippegrund er indholdet størst, og jo nærmere jorden man befinder sig, jo større stråling.

Litteratur: 11,22,30.



Figur 1. Husstøvmide (17).



## MATERIALER

I et byggeri indgår en lang række materialer, som på forskellig vis kan influere på indeklimaet. En bygning består af en række rum, som dels er adskilte fra hinanden, dels afgrænsede udadtil og afskærmede for påvirkninger fra omgivelserne i form af belastninger, vand, regn, varme, kulde etc.

Bygninger er derfor opbygget af mure, vægge, tag, gulve, hvortil der typisk anvendes tegl, beton og træ i forskellige udgaver samt isoleringsmaterialer.

Indvendige flader forsynes med beklædning, belægninger, malinger og lakker, og samlinger i byggeriet tætnes med fugematerialer i form af gummifuger, fugebånd, mørtelfuger etc. Endvidere vil beboerne - alt efter smag - forsyne boligen med inventar, tæpper, gardiner, møbler og lignende.

I det følgende skal materialer til brug i huse m. m. gennemgås mere detaljeret.

### Metalliske materialer

I byggeriet anvendes jern, rustfrit stål, kobber og lign. til rør, varmeanlæg, radiatorer, beholdere og armaturer. I indeklimasammenhæng må man antage, at disse materialer er meget lidt skadelige, bortset fra de tilfælde, hvor der kan opstå kontaktallergi, f.eks. nikkelallergi. Nikkel findes i rustfrit stål, og det kan derfor blive nødvendigt at udskifte armaturer til andre materialer (plast). Problemet er ikke uvæsentligt for nogle mennesker, men emnet vil ikke blive behandlet her. For god ordens skyld, skal der gøres opmærksom på, at nikkel også findes i nogle fødemidler.

### Keramiske/uorganiske materialer

Disse materialer omfatter velkendte byggematerialer som tegl, beton, glas og isoleringsmaterialer i form af stenuld eller glasuld. Også beklædningsmaterialer på cementbasis (eternit) tilhører denne gruppe. Det er karakteristisk for mange af disse materialer, at de er fremstillet ved en brændingsproces af naturmaterialer som f.eks. kridt, ler, sten og glas. Det betyder, at produktet kun afgasser meget lidt. Indholdet af radioaktive komponenter er dog stadig til stede, og disse vil give et bidrag til den almindelige stråling. Man kan påvise en større radioaktiv stråling, jo nærmere jorden man er. Man bør derfor foruden tætte fundamenter til et hus sørge for at undgå længerevarende ophold i dybe kældre uden ventilation.

Tegl må i boligsammenhæng anses for et af de bedste materialer, fordi tegl er i stand til at opfylde alle de krav, man kan stille til såvel en ydervæg som en indervæg. Tegl fremstilles ved brænding af ler, som findes i naturen i forskellige typer (blåler, rødler etc.). Leret er fedtet, klistret og ofte pløret, fordi det meget nemt optager vand, hvorved de enkelte lerpartikler glider let i forhold til hinanden. Når man brænder det rå ler, overgår strukturen til en mere rumlig form, som bevirker, at teglet bliver hårdt, stærkt,

men også skørt. Som ydermur anvendes en hårdere brændt sten end i indermuren, hvortil også kan anvendes andre kendte produkter som betonelementer, mølørsten etc.

*Beton* består af cement, vand, sand og sten, hvoraf cementen laves industrielt ud fra kridt, sand og kisasse; sand og sten er naturprodukter. Beton anvendes som byggemateriale på samme måde som tegl, og beton har også stort set de samme gode fysiske egenskaber som tegl. At man alligevel opfatter betonen anderledes end tegl kan i nogle tilfælde forklare ved, at selve betonkonstruktionen ikke er opbygget på samme måde som tegl. I andre tilfælde kan forklaringen være mere psykologisk (udseende, farve m.m.), og dette vil ikke blive behandlet her.

*Mineraluld (stenuld, glasuld)* udgør i dag en meget stor del af isoleringsmaterialerne. De fremstilles ved, at man spinder enten smeltet sten eller glas til en luftig uld, der presses i måtter og baner, som udskæres i de rigtige dimensioner. Selve ulden afgiver ikke dampe, men da det er nødvendigt med lim til at holde ulden sammen, kan der blive et afgangningsproblem.

De uorganiske *beklædningsmaterialer* omfatter produkter som eternit, internit, asbestolux og mange flere. Der er her tale om produkter fremstillet ved blanding og hærkning af cement, vand og stærke fibre. Disse har i mange år været asbest, men i dag laves produkterne asbestfrie, idet asbesten erstattes med plastfibre, cellulosefibre eller andre fibre. Normalt vil selve fibermaterialet være omsluttet af lim eller pasta, og det betyder, at der kun sker en ganske ringe afgivelse af fibre. Bliver materialerne derimod beskadigede, kan fibrene blive blotlagt og ved mekanisk påvirkning brække af og give anledning til fiberdryp. Værst er det, hvis fiberdryp sker indendøre, fordi fibrene kan beskadige huden eller gøre skade ved indånding.

Hvis en fiber er mindre end 3  $\mu\text{m}$  i tykkelsen, er den respirabel, d.v.s. den kan indåndes. Jo tyndere og jo længere en fiber er, jo farligere er den. Normalt varierer tykkelsen fra 0,01 til 5  $\mu\text{m}$  og længden fra 1 til 50  $\mu\text{m}$ .

Arbejdstilsynet har fastsat en arbejds-hygienisk grænseværdi til 500.000 mineralfibre pr.  $\text{m}^3$  luft, men der er ikke fastsat nogen bolighygienisk grænseværdi.

Det skal bemærkes, at måling af fiberstørrelse og -art er meget vanskelig, fordi der er tale om små mængder. Det kan beregnes, at hvis man har 500.000 fibre med en tykkelse på 2  $\mu\text{m}$  og en længde på 10  $\mu\text{m}$ , vil den samlede vægt af disse fibre kun være 50  $\mu\text{gram}$ . Det betyder, at man ikke kan veje sig frem, men man må anvende mikroskoper og lignende. Undersøgelser af fibre- og støvmængder i aktuelle situationer viser, at det er meget vanskeligt at skille mineralfibre ud, fordi f.eks. cellulosefibre og støv ofte indgår i større mængder. Men i øvrigt er værdierne langt under den hygieniske grænseværdi.

Et af de velkendte fibermaterialer er asbestcement (eternit), som indeholder asbestfibre i en cementpasta. Dette produkt har været anvendt i mange år, men asbest har på grund af form og størrelse været årsag til en række lungesygdomme. Derfor har man stoppet

produktionen af asbestholdige produkter og udviklet asbestfrie. Så længe asbestcementplader er hele, er fiberafgivelsen meget lille, men hvis pladerne beskadiges, kan fiberdryb blive resultatet.

Generelt må man sige, at hele plader bør blive siddende. For beskadigede plader kan man overveje *forsegling* eller *indkapsling*. Der er to ting, man skal tage højde for ved en sådan renoveringsproces. Den ene er, at lokalets brandsikkerhed ikke må forringes; den anden er, at lydforholdene ikke må ændres. Det betyder, at man skal være opmærksom på, at man anvender den rette maling til forsegling, og at man eventuelt ændre belægningen af hensyn til efterklangstiden.

### Organiske materialer

De organiske materialer udgør langt den største gruppe af stoffer og materialer overhovedet. Det skyldes, at organiske materialer alle indeholder grundstoffet kulstof, som har en formidabel evne til at indgå kemiske forbindelser, ikke alene med sig selv, men også med talrige andre grundstoffer. Organiske stoffer er repræsenteret af så forskellige produkter og materialer som fødemidler, lægemidler, plastmaterialer; naturprodukter som træ, tekstiler, papir, planter og meget andet.

Tabel 5 viser en oversigt over typiske organiske materialer i byggeriet.

Mange af de organiske stoffer er polymere forbindelser, d.v.s. at de opstår ved, at flere små enheder, ofte af forskellig art, slutter sig sammen til en stor enhed (polymerisering).

Bygningstræ: tømmer, lægter, brædder, lister
Træprodukter: krydsfiner, spånplader, limtræ
Plastprodukter: beklædning, folier, inventar, rør, samlinger m.m.
Maling og lakker: en- og tokomponent
Lime og fugemasser: en- og tokomponent samt kontaktlime
Papir: tapet etc.
Møbeltræ

Tabel 5: Oversigt over organiske materialer.

Træ er et godt eksempel herpå. Ud fra luftens kuldioxid, vand samt lysenergi dannes der sukker i træernes blade. Flere sukkerenheder slutter sig sammen i tusindvis og danner lange kæder af cellulose, som udgør den væsentligste del af træet.

På samme måde dannes industrielle produkter, f.eks. lime, maling og plastmaterialer, ved polymeriseringsprocesser. Ofte har man, at gøre med to flygtige og ofte skadelige komponenter A og B, som reagerer med hinanden således, at der opstår lange kæder eller netværk af det færdige produkt. Nu er produktet langt mindre flygtigt og dermed mindre skadeligt. Hvis der alligevel er ulemper, kan det som regel tilskrives eventuelle rester af A og B. Det er derfor vigtigt, at man har det rette forhold mellem A og B for at opnå optimal udnyttelse.

*Plast* er velkendt i byggeriet. Det anvendes som rør, beklædninger, belægninger, vinduer og meget andet. Det mest udbredte materiale er PVC (polyvinylchlorid), som er dannet ved polymerisering af vinylchlorid, som er en let flygtig gasart. I sig selv er PVC uskadeligt, men det er nødvendigt at indblande forskellige stoffer i plasten bl.a. for at gøre den blød. Disse stoffer er langsomt fordampelige ved stuetemperatur, og de kan give gener senere. Et andet forhold er, at PVC indeholder grundstoffet klor, som kan bevirke kraftige skader, hvis plasten brænder fordi der dannes klorbrinte, som sammen med vand giver saltsyre.

Anvendelse af *maling og lak* har til formål, at give grundmaterialet en form for beskyttelse mod vind, vejr og slidtage ved almindelig brug. Hertil kommer et evt. farvekrav. Disse materialer er i princippet flydende stofblandinger med filmdannende egenskaber. Når malingen anvendes, påføres den på emnet efter en forbehandling. Komponenterne i malingen reagerer med hinanden under tilgang af luftens ilt, og der dannes nu polymeriserede produkter, som bevirker, at de bliver svært fordampelige. Det er nødvendigt, at have alle malekomponenterne opløst for, at kunne påføre selve malingen på emnet. Opløsningsmidlet kan være på terpentinbasis og lignende, eller det kan være vand. Et godt maleresultat fås først, når opløsningsmidlet er fordampet. Af hensyn til indeklimaet skal det ske hurtigst muligt.

Et par ord om oliemalinger og plastmalinger.

Oliemalinger er for det meste alkydmalinger og indeholder fortrinsvis opløsningsmiddel på terpentinbasis, og når man maler med den type malinger, vil terpentinen i løbet af få døgn fordampe, hvorefter de egentlige reaktioner mellem malingens komponenter finder sted. I løbet af 2-3 uger vil eventuelle sideprodukter være fraspaltet og fordampet bort. Tilbage er en færdig maling med en veldokumenteret holdbarhed og som ikke skader indeklimaet.

I moderne tid er der udviklet en lang række malinger, som er vandfortyndbare. Ideen er den, at man for at hjælpe på arbejdsmiljøet for den professionelle maler har ønsket at udvikle en type malinger, som ikke er direkte skadelige p.g.a. fordampning af organiske opløsningsmidler.



For at gøre malinger vandfortyndbare er det nødvendigt at tilsætte en lang række ekstra stoffer, således at malingen nu er tør på få timer uden store lugtgener.

En typisk vandfortyndbar maling indeholder derfor

1. bindemiddel, 6-20% vægt (plastdispersion, alkyder)
2. pigment/fyldstof, 20-50% vægt (farve, dækkeevne, strygbarhed)
3. opløsnings/sammenflydningsmidler, 1-15% vægt (filmdannelse)
4. konserveringsmidler, ca. 1% vægt (hindring af bakterievækst)
5. skumdæmpere, ca. 1% vægt (forhindring af skumdannelse ved brug)
6. fortykkelsesmidler m.m., ca. 1% vægt (regulering af viscositet)
7. andre stoffer, ca. 2% vægt (overfladeaktive stoffer m.m.).

Nogle af disse stoffer er ikke i samme grad flygtige som opløsningsmidlerne, og det betyder, at disse stoffer afdamper over et længere tidsrum. Det kan medføre et ukontrollabelt bidrag til indeluften og dermed udgøre en risiko for indeklimaet, som det opleves af beboerne.

I en større undersøgelse eftervises det, at et af de mange stoffer, texanol, som findes i mange malinger kan påvises efter mere end 1 år. Dog må man i praksis forvente et andet afgasningsmønster, fordi en bolig er indrettet anderledes end man kan opnå ved laboratorieforsøg.

Er der ikke noget alternativ til de vandfortyndbare plastmalinger?

Der er i dag udviklet en række silikatmalinger af vandglastypen. Disse indeholder foruden uorganisk bindemiddel næsten kun vand, og i hærdet tilstand har malingen kun en ringe afgasning. Det skyldes, at hærdemekanismen her af uorganisk karakter som ved beton, og der er derfor ikke behov for så mange ekstra stoffer. Silikatmalingerne synes, at være lidt mere sarte end sædvanlige malinger.

Det er ved undersøgelser godtgjort, at man ikke skal slække på personbeskyttelsen, selv om man arbejder med mindre farlige malinger og lakker. Man skal undgå at arbejde med syrehærdnende lak, da den ene komponent indeholder formaldehyd. I øvrigt må man generelt sige om maling og lak, at de færreste gener opnås ved, at de enkelte komponenter reagerer så fuldstændigt som muligt, hvorved der opstår et svært fordampeligt produkt samtidig med, at opløsningsmidlerne er fordampet. En højere temperatur og mere ventilation fremmer disse processer.

*Lime* anvendes i stor udstrækning i byggeriet. Velkendt er anvendelsen til sammenlimning af tynde finerplader til krydsfiner, af træspåner til spånplader og til limtræ. Herudover anvendes lim til kantlimning, dørlimning samt ved opsætning af vægmateriale i form af væv, hessian, vinyl, tapet samt til gulvbelægnings. Det har vist sig, at mange lime indeholder formaldehyd som den ene komponent. Dette stof er kendt som værende skadeligt for mennesker, og det er grunden til, at man har sat en øvre grænse

for, hvor meget formaldehyd, der må afgives til omgivelserne (0,15 mg/m<sup>3</sup> luft). Da spånplader ofte er sammenlimede med formaldehydlime, må man enten gå over til et andet produkt eller få plader, der er behandlet med formaldehydstopper. Man bør sikre sig, at pladerne er kvalitetsmærkede. I øvrigt må man anbefale, at så meget limningsarbejde som muligt udføres på fabrik i lighed med male- og lakeringsarbejde, fordi der så er større chance for, at skadelige dampe er forsvundet inden opsætningen.

Lime kan inddeles i tre grupper:

1. Termoplastiske lime, som er énkomponent lime med kun ringe styrke.  
Eks.: PVA- og PVAC-lime.
2. Termohærdende lime, som er tokomponent lime med stor styrke.  
Eks.: Fenol-, epoxy- og resorcinollime.
3. Kontaktlime, som kræver tosidig limpåføring samt fordampning af opløsningsmiddel, før emnerne sættes sammen (gummilime).

Lime indeholder ofte opløsningsmiddel, og det er nødvendigt, at dette samt andre flygtige komponenter fjernes så hurtigt som muligt. Mange lime indeholder organiske opløsningsmidler, men de fås efterhånden i vandbaserede udgaver.

*Fugemasser* anvendes omkring vinduer og i samlinger mellem de enkelte bygningskomponenter i våde rum og ved rørgennemføringer. I princippet er fugemasser et organisk materiale (én- og to-komponent), som efter en passende afdampning tørrer ind og reagerer kemisk med en vedhæftning til følge. Nogle fugemasser indeholder også svovl (thio-), som giver en skarp lugt. Indholdet af flygtige komponenter er stort, og det gælder her som ved lime, at god udluftning er på sin plads.

Litteratur: 2,16,18,19,21,26,28,31.

## INDEKLIMASYNDROMET

I daglig tale hører man om "indeklimasyndromet" eller "de syge bygningers syndrom". Dette begreb dækker over det forhold, at der findes huse, bygninger eller lokaler, som p.g.a. beliggenhed, konstruktion, materialevalg, anvendelse m.m. alt i alt giver et indeklima, som flere personer end sædvanligt opfatter som dårligt. Man kan ikke i praksis opføre bygninger, hvor alle mennesker vil føle sig veltilpasse; der vil altid være en lille del (ca. 5%), som vil være utilfredse med forholdene. For de syge bygningers vedkommende er der tale om en markant stigning i antallet af utilfredse, fordi opholdet i kortere eller længere tid medfører et eller flere symptomer.

Figur 2 viser nogle af de påvirkninger, som mennesket udsættes for i dagligdagen. Derfor er der ikke noget at sige til, at særligt disponerede mennesker kan få ubehag ved at opholde sig i lokaler m.m.

Disse kan være:

- irritation i øjne, næse, hals
- tørre slimhinder og tør hud
- hudrødmen
- hovedpine og træthed
- luftvejsinfektioner og hoste
- hæshed og hiven efter vejret
- kvalme og svimmelhed
- uspecificerede overfølsomhedsreaktioner

Alle påvirkninger optræder ikke samtidigt, og nogle mennesker har kun nogle få symptomer.

Litteratur: 1,32,34,35,36,38.

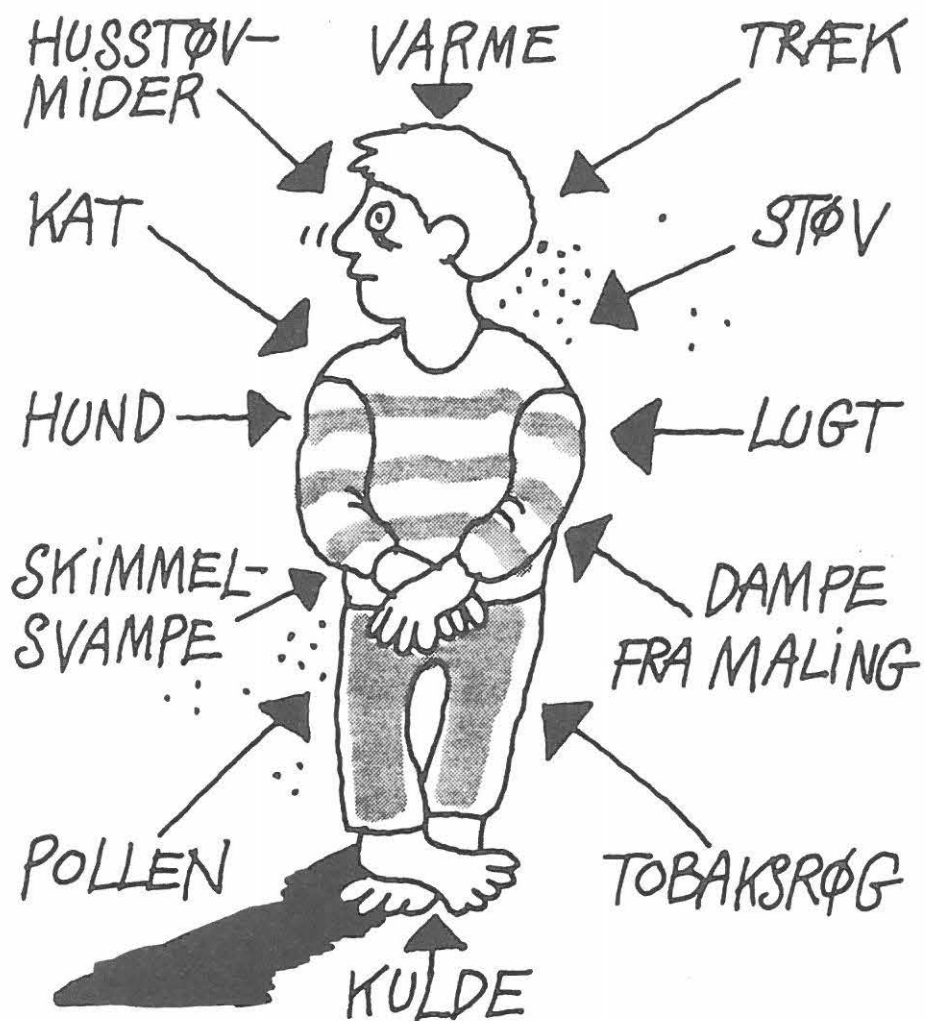


Fig. 2: Atmosfæriske påvirkninger på mennesket (30).



## AFGASNING

En af årsagerne til indeklimaproblemerne er afgang fra materialerne. Ved nyopførelse eller renovering af en bygning eller et hus, har man ofte tydeligt fornemmelsen af, at materialerne afgasser dampe. Der har været foretaget flere undersøgelser af, hvorledes gasserne afdamper og af, hvilke komponenter gasserne består af. På baggrund af målingerne i eksisterende lokaler har man undersøgt en række byggematerialer og konstateret, at gasserne består af 50-100 forskellige komponenter i form af terpentiner, opløsningsmidler, blødgørere og mange andre. Byggematerialer som lime, spartelmasser, maling, gulvlak og fugematerialer giver et væsentligt bidrag til den samlede mængde af gasser. Hvor lang tid der går, før gasserne er rimeligt afdampede kan ingen sige præcist, men man skal regne med nogle uger. Højere temperaturer og større ventilationsgrad specielt i den første tid, fremmer afgangningen. Når et hus eller et rum anvendes som bolig, kontor etc., skal man være opmærksom på, at specielt tekstiler i form af tæpper, gardiner, møbelstoffer samt papir, bøger og lignende kan udgøre et depot, som kan opsuge og afgive gasser, dampe og partikler alt efter temperatur- og luftforholdene. Det betyder, at selvom afgangningen fra materialerne bliver mindre med tiden, kan den samlede mængde forurening godt blive større på grund af depotvirkningen.

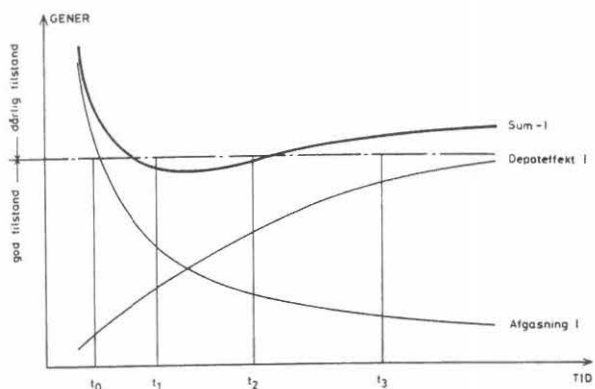
Figur 3 viser, hvorledes en bolig kan skifte karakter. Ved nybygning ( $t_0$ ) vil der være en stor afgang fra materialerne, og på dette tidspunkt har depotet kun opsugt lidt af disse stoffer. Bygningen er i en dårlig tilstand, fordi den samlede virkning ligger over grænsen mellem den gode og den dårlige tilstand. Til tiden  $t_1$  er der afgasset meget fra materialerne, men samtidig træder den omtalte depoteffekt i kraft dog med det resultat, at det samme rum nu ligger under grænsen. Dette er også tilfældet til tiden  $t_2$ , selvom der er sket en indbyrdes forskydning mellem de to bidrag.

Til tiden  $t_3$  er der sket det, at depoteffekten nu er så stor, at den samlede forurening gør lokalet dårligt egnet til opholdsrum.

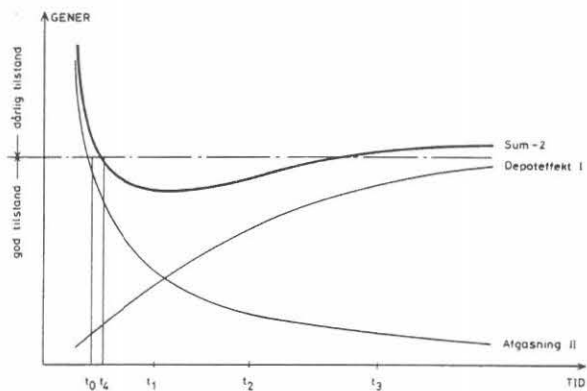
Figur 4 viser den tilsvarende situation, hvor man på et tidligt tidspunkt har sørget for, at gasserne damper hurtigere af f.eks. ved at forhøje temperaturen og sørge for bedre udluftning. Man ser, at sumkurven nu på et tidligt tidspunkt,  $t_4$  ligger fordelagtigt.

Figur 5 viser en situation, hvor man har sørget for, at depoteffekten bliver så lille som muligt. Det kan ske ved at anvende glatte materialer, der kun opsuger lidt fra luften og ved at sørge for en hyppig/bedre rengøring. Det ses, at sumkurven nu holder sig længere tid på den rigtige side af grænsen  $t_5$ .

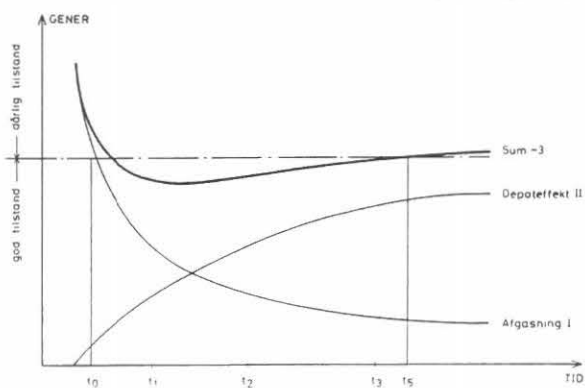
Litteratur: 19,20,21,28,31.



Figur 3: Bygningstilstand ved afgasning og depotvirkning.



Figur 4: Bygningstilstand ved hurtigere afgasning.



Figur 5: Bygningstilstand ved lav depoteffekt.

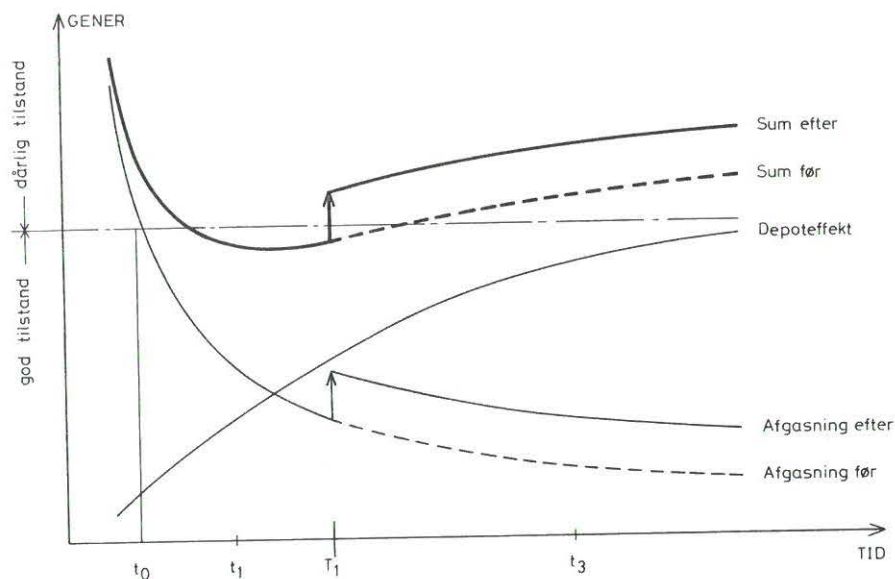
## RENOVERING - SANERING

Det er ikke ualmindeligt, at man er nødt til at renovere eller sanere en bygning, et hus eller et eller flere rum. Det kan være mange årsager hertil; fugtproblemer, nyindretning ved overgang til andet formål, almindelig vedligeholdelse m.m. En sådan renovering medfører som regel ændringer i indeklimaet som vist i figur 6.

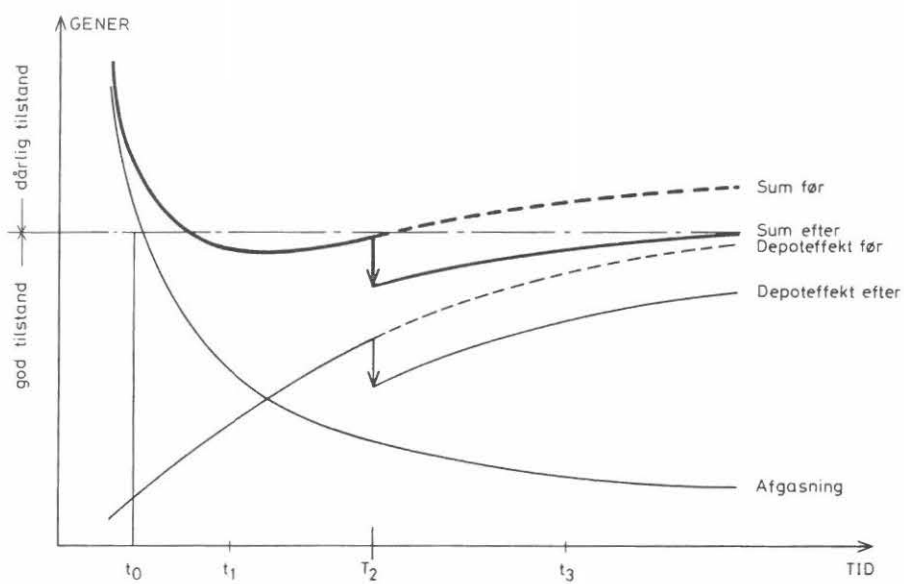
Til tiden  $T_1$  foretages en sådan renovering. Det vil medføre, at afgasningsbidraget bliver større for derefter at falde på samme måde som før. Det betyder, at summen nu meget let kan komme op over grænsen mellem god og dårlig tilstand.

Figur 7 belyser situationen, hvis man til tidspunktet  $T_2$  sætter en rengøringsproces i gang. Den kan bestå i, at man renser tæpper, gardiner og andre tekstiler, således at det samlede indhold af forurening bliver mindre, og det betyder, at rummet nu er mere miljøvenligt i længere tid.

Litteratur: 15,16,17.



Figur 6: Bygningstilstand ved sanering/renovering.



Figur 7: Bygningstilstand ved rengøring.

## VALG AF MATERIALER

I en bygning indgår en lang række materialer til de forskellige konstruktionsdele og i det følgende skal der gives nogle retningslinier for valg af egnede materialer.

*Ydervægge* bør laves af så tungt et materiale som muligt for, at få en ensartet temperatur inde i lokalerne. Tegl- og betonvægge er i stand til at optage stor varmemængder og afgive dem igen i kolde perioder. Man hører ofte, at betonbyggeri har et dårligere indeklima end teglbyggeri. Det må fastslås, at det er meget vanskeligt at sammenligne disse to former for byggeri, bl.a. fordi byggesystemerne er forskellige. Beton anvendes ved elementbyggeri, og et sådant byggeri er ofte udført energibesparende, d.v.s. tæt for varmen. Desværre også for tæt for luft. Derfor kan indeklimaet i et betonbyggeri godt være anderledes end med andre tunge materialer, men det er ikke betonens skyld. I et allergivenligt forsøgsbyggeri omfattende 110 boliger ved Skejby er der i udstrakt grad anvendt beton.

*Gulve* laves på mange måder; parketgulve på strøer, linoleum, kork, vinyl, tæpper på trægulve, tæpper på betongulve samt terrazzo, klinker og fliser specielt til våde rum. I indeklimasammenhæng er glatte flader at foretrække af hensyn til rengøring. Derfor vil lakerede overflader, linoleum, kork og vinyl være gode. Det vil være en stor fordel at anvende produkter, som er overfladebehandlede fra fabrikkens side, således at afgangningen er langt fremskreden inden gulvet eller belægningen etableres. Er det nødvendigt at anvende lakker og lime på stedet, bør man udlufte kraftigt i den første tid, og det gælder også for overskudsdampene fra linoleum og vinyl.

Hvor man af hensyn til støj og andet er nødt til at anvende tæpper, bør man vælge tætte, korthårede og lyse kvaliteter, som også er rengøringsvenlige. Forkert valg af tæpper på institutioner har i mange tilfælde været årsag til dårligt indeklima, fordi affald m.m. bliver trådt ned i tæppet, som herefter ikke kan rengøres ordenligt. Permanent antistatiske tæpper bør foretrækkes.

*Indervægge* bør beklædes med materialer, som nemt kan rengøres, d.v.s. glatte overflader bør foretrækkes. Tapet, træ- og gipsplader anvendes meget, men man skal være opmærksom på, at den anvendte lim ikke må indeholde formaldehyd. Ubearbejdede hessian- og vævstyper bør ikke anvendes, fordi sådanne overflader samler støv. En indvendig teglstensmur kan anbefales, for den er nem at rengøre. Hvis der i våde rum anvendes fliser, klinker og vinylbeklædninger stilles der store krav til udluftningen af disse rum.

*Lofter* udføres ofte med gipsplader, som evt. males. Anvendelse af trælofter af fyr eller gran kan normalt anbefales. Andre træsorter kan afgive terpener m.m. og måske give problemer. For at lette rengøringen bør man få træet høvlet en ekstra gang inden opsætningen. Man skal være opmærksom på, at nedhængte lofter ofte samler stor mængder støv på oversiden, og det gælder også de installationer, som ligger over det nedhængende loft. Træbetonlofter kan drysse lidt og samle støv.



Anvendelsen af imprægneret træ indendørs, kan give problemer med afdampning af opløsningsmidler. Vacuumimprægnerede emner (vinduer etc.) kan indeholde rester af terpentin, mens egentlige trykimprægnerede emner ikke er så risikable, fordi der anvendes vand som opløsningsmiddel. Al imprægnering skal foretages efter Dansk Standard 2122 klasse A og B, og emnerne skal være mærkede herefter.

*Maling, lakker og lime* anvendes i stor udstrækning i byggeriet. I videst mulig omfang bør anvendelsen begrænses til, at foregå på fabrikker etc., for at fordampningen kan blive så fremskreden som muligt, inden de behandlede emner monteres. I det omfang maling, lakering og limning foregår på stedet, bør der udluftes kraftigt, og der bør ikke slækkes på sikkerhedsforanstaltningerne.

Som det tidligere er omtalt, er terpentinmaling produkter med en forholdsvis kort afgasningstid, mens acrylmaling hurtigt tørrer (vand), men afgiver de øvrige stoffer over længere tid. Sammensætningen af disse vandbaserede maling varierer betydeligt mere end de terpentinholdige, og derfor kan der ikke anføres faste afgasningstider for de vandbaserede maling. Der er målt afgasningstider fra et par uger til et par måneder afhængig af produktet, svarende til en halveringstid på 1 til 5 dage.

Udbuddet af maling m.m. er meget stort og ved valg af et produkt til et givet formål, bør man være opmærksom på produktets kodenummer og så vidt muligt vælge det mindst farlige. Man kan blive nødt til at gå på kompromis og vælge et mindre farligt produkt med en lidt ringere holdbarhed.

*Indbo og inventar* udgør en væsentlig del af boligen, og beboerne i et hus har selv deres ønsker for, hvordan de vil have hjemmet indrettet. Det gælder anvendelse af tæpper, gardiner og møbler. Hertil kommer skabe m.m. i køkken, bad og bryggers. Et gunstigt indeklima kan opretholdes, hvis man sørger for at anvende tekstiler, som er smudsafvisende og nemme at rengøre. Mange tekstiler indeholder fra starten stivelse m.m., hvori formaldehyd indgår. Dette gælder også for garvet læder til møbler. Skabe og andet inventar laves ofte i spånplader, som bør være godkendte. I modsat fald kan der blive tale om anvendelse af stavlimet træ f.eks. til borde og skuffer. Man bør sikre sig en fornuftig indretning med så få vandrette flader som muligt af hensyn til rengøring. Man skal være opmærksom på tekstilernes depoteffekt.

Litteratur: 29.

## VENTILATION

*bioeffluenter* Ventilation til et rum har til formål at tilføre frisk luft i en sådan mængde, at der ikke bliver for stor ophobning af vanddamp, kuldioxid, *bioeffluenter* m.m. med et dårligt indeklima til følge. Ventilationsbehovet udtrykkes bedst i den mængde frisk luft, der skal tilføres pr. tidsenhed pr. person. F.eks. i l/s pr. person.

Ud fra kendskabet til forbruget af ilt til indånding er det nødvendigt at ventilere med 0,1 l/s pr. person for at opretholde den fornødne iltmængde og 1 l/s pr. person for at fjerne den udviklede kuldioxid.

*mindst* Derimod er indholdet af *bioeffluenter* af langt større betydning for ventilationsbehovet, idet der skal ventileres med *mindst* 10 l/s pr. person, så ikke for mange skal opleve lokalet som utilfredsstillende at opholde sig i p.g.a. "dårlig luft".

For vanddamp er det nødvendigt at ventilere 5 l/s pr. person for at fjerne den dannede vanddamp.

Ofte anvendes ventilationsanlæg i forbindelse med varmegenvinding. Man skal her være opmærksom på, at man kun kan regne med en ren indblæst luft, hvis anlæggets filtre er tilstrækkelig til grovfilter, mellemfilter, finfilter og måske absolutfilter, som hver tilbageholder partikler ned til en vis størrelse. Dette fremgår af tabel 6, med eksempler på forurening, som kan tilbageholdes.

Det er af stor betydning, at man *udskifter* (rensers og vedligeholder) filtre og (ikke *rengør* mindst) kanaler efter forskrifterne, fordi virkningen af et filtersystem er stærkt afhængig af systemets renhed.

Man skal endvidere være opmærksom på, at indeluften altid indeholder en vis mængde vanddamp, som ikke fjernes ved en varmegenindvinding, medmindre der monteres en vandudskiller på anlægget. I praksis betyder det, at man kun i en periode på 2-3 måneder om året (vinter) kan forvente at få indblæst luft, som indeholder mindre end 7-8 g vand/m<sup>3</sup> luft. Som bekendt er der over denne grænse gode muligheder for udvikling af støvmider og mikroorganismer.

Litteratur: 12,13,14,17,22,29.

*NI*

Filtertype	partiklers størrelse, $\mu\text{m}$	Eksempel
Grovfilter	> 10	Fibre m.m.
Mellemfilter	> 1	Støv, pollen
Finfilter	> 0,1	Lungeskadelige partikler
Absolutfilter	> 0,001	Tobaksrøg

Tabel 6: Filterstørrelser m.m.

\* Kun anlæg med recirkulation eller entalpeveksler  
ikke anlæg med kogelsveksler / væskebålede batterier

## SIKKERHED

Ved udførelsen af en byggeri anvendes der en lang række produkter i flydende form (malinger, lakker etc.). Når produktet påføres emnet, sker der en tørring og en hærkning. Produkterne indeholder en lang række komponenter: opløsningsmidler, bindemidler, hærkere, farvestoffer m.m., som kan være sundhedsfarlige.

Ethvert produkt skal i dag registreres og godkendes af Miljøstyrelsen. Denne godkendelse sker på baggrund af oplysninger om sammensætning, effektivitet og sundhedsskadelig virkning. Der skal til hvert produkt udarbejdes en brugsanvisning, som fortæller om anvendelsesområde, rækkeevne, påføringsmetode, fortyndings- og rensningsmidler samt et *kodenummer*, som fortæller noget om produktets farlighed ved selve brugen og ved direkte kontakt. Kodenummeret er opbygget som to tal med en streg imellem

### XX-Y

hvor XX og Y uafhængig af hinanden kan antage værdierne i tabel 7

XX-tallet er et udtryk for den sundhedsfare, der kan være ved at indånde dampe fra produktets flygtige bestanddele og opløsningsmidler ved brugen af produktet. Et større tal medfører et større behov for rumventilation og personlig beskyttelse. Skalaen er et udtryk for, hvor stort et luftbehov (MAL-værdi), der er nødvendigt for at undgå dampe i skadelige mængder, tabel 8.

Y-tallet er et udtryk for den sundhedsfare, der er ved produktet i flydende eller fast tilstand, når produktet kommer i kontakt med hud, øjne eller luftveje samt ved direkte indtagelse. En højere værdi betyder, at det er nødvendigt med mere personlig beskyttelse. Tabel 9 viser hvorledes risikoen stiger ved stigende Y-værdi.

Kodetallet for et produkt er udviklet til brug ved valg af produkter i en arbejdssituation. Produkter med så lave kodenumre som muligt må foretrækkes for at mindske faren for arbejdsskader. Der er dog ikke specielt taget hensyn til indeklimaforholdene i en boligsituation efter påføringen af produktet. Man må forlange, at der også af den grund anvendes produkter med så lave værdier som muligt, specielt XX-værdierne. Der arbejdes i dag på at udvide kodetallet med et ekstra ciffer, som fortæller noget om produktet i brugssituationen. Tabel 10 viser nogle eksempler på udvalgte produkter og deres kodenummer.

Litteratur: 3,4,5,7,8,9.

XX	00	0	1	2	3	4	5
Y	0	1	2	3	4	5	6

Tabel 7: XX og Y værdier.



Kodenummer XX -	Luftbehov m <sup>3</sup> luft/l produkt
00 -	0 - 30
0 -	30 - 100
1 -	100 - 400
2 -	400 - 800
3 -	800 - 1600
4 -	1600 - 3200
5 -	> 3200

Tabel 8: Maleteknisk Arbejdshygienisk Luftbehov.

Kodenummer -Y	Virkning
- 0	Vand
- 1	Evt. skade ved direkte indånding
- 2	Evt. skade ved utilsigtet indtagelse
- 3	Kan være allergifremkaldende
- 4	Risiko for ætsning
- 5	Stærkt allergifremkaldende ved hudkontakt
- 6	Giftig ved hud- og øjenkontakt, indånding samt indtagelse

Tabel 9: Virkninger ved forskellige Y-værdier.

Produkt	Kodenummer XX-Y
Mineralsk terpentin	3 - 1
Andre org. opløsningsmidler	4 - 1 til 5 - 6
Plastmalinger	(00 -) 0 - 1
2-komp., Epoxymaling	0 - 5
Alkydmaling	2 - 1 til 3 - 2
Celluloselak	4 - 1
Farvefjerner	5 - 3

Tabel 10: Produkter og kodenumre.

## INDEKLIMAUNDERSØGELSER

Det er en meget vanskelig opgave at finde alle årsager til et dårligt indeklima. Undersøgelser viser, at der altid optræder flere faktorer samtidig, idet fysiske forhold som træk, dårlig luft, høj temperatur og støv kombineres med psyko-sociale forhold som stress og dårligt arbejdsklima. Endvidere må man være opmærksom på, at flere forskellige faktorer kan give samme virkning. Tørhedsfornemmelser kan skyldes for meget formaldehyd i luften eller for høj temperatur. Der findes mange problemer i nyere byggeri.

I konsekvens heraf har Fanger indført 2 indeklimaparametre: OLF OG DECIPOL, som anvendes til at bedømme luftkvaliteten i et rum.

En olf defineres som *"luftforureningen, stammende fra en stillesiddende voksen person i almindelig termisk balance og med en normal hygiejnisk standard"*. Der er tale om en relativ enhed således, at andre forureninger bedømmes som et antal olf, der giver samme luftkvalitet som den pågældende forurening.

En decipol defineres som *"koncentrationen af luftforureningen, som forårsages af en standard person, når denne ventileres med ren luft i en mængde på 10 l/s"*. Det vil svare til, at 1 standard person opholder sig i et rum på ca. 30 m<sup>2</sup> med et luftskifte på 0,5 h<sup>-1</sup>.

I begge tilfælde gælder, at målingerne foretages af mennesker, idet man har sammensat et lugtpanel, som består af personer i flere aldersklasser og med forskellige levevaner. Ved måling registrerer man, hvor mange procent af det samlede antal, der umiddelbart fornemmer en uacceptabel luft i den pågældende situation.

I ethvert beboet lokale vil der altid være en vis procentdel, som er utilfredse, d.v.s. føler lokalet ubehageligt. I det aktuelle tilfælde med en ventilationsmængde på 10 l/s pr. olf vil man registrere ca. 15% utilfredse. Denne procentsats kan sættes ned ved at ventilere mere, dog kan man sjældent have mindre end 2-5% utilfredse, svarende til en ventilationsmængde på 30-40 l/s pr. olf.

Et lokale kan meget nemt indeholde forureningskilder, som medfører mange olf. Reoler i et kontor kan afgive flere olf, en ryger bidrager med 5-20 olf, og et ventilationsanlæg kan afgive 10-20 olf. Det betyder, at den samlede forurening stiger, og bliver den større end 5-10 decipol, svarende til mere end 50% utilfredse, er lokalet dårligt. Tabel 11 viser eksempler på decipolniveauer.

UDELUFT		BYGNINGER		
Havet	By	God tilstand	Dårlig tilstand	
0,01	0,1	1	10	100
Decipol				

Tabel 11: Decipolniveauer.

Det er angivet i litteraturen, at man kan anvende denne målemetode til at vurdere forureningsbidrag fra forskellige kilder: byggematerialer, ventilationsanlæg, inventar m.m. Foreløbige forsøg viser, at mennesket selv ikke er den største forurener men, at ventilationsanlæg, som ikke er vedligeholdt, sagtens kan give større bidrag. Forureningen fra tæpper er målt op til 1 olf/m<sup>2</sup> svarende til, at der er 30 standardpersoner i det før omtalte rum. Det vil blive interessant at se, om man med tiden kan få lavet et katalog over metoders og systemers olf-værdier til brug ved fremtidig projektering og materialevalg.

### Rådhusundersøgelsen

Der har gennem mange år været foretaget undersøgelser af indeklimaet i boliger, institutioner, kontorer etc. på baggrund af indeklimaklager. Rådhusundersøgelsen fra 1984 er en af de større undersøgelser, hvor man har målt på indeklimaet i 14 rådhusbygninger med tilknyttede spørgeskemaundersøgelser blandt mere en 3000 ansatte. Der blev foretaget en lang række analyser af sammenhænge mellem forekommende indeklimagener, symptomer, arbejdets karakter m.m. I bygningsteknisk sammenhæng kan det nævnes, at personbelastningen samt gulvbelægninger og støvmængden heri havde stor betydning for indeklimaet. Endvidere viste det sig, at *låddenfaktoren* defineret som arealet af tekstile overflader pr. rumvolumenenhed, og *hyldeindekset* som den samlede åbne hyldelængde pr. rumvolumenenhed var af afgørende betydning for opfattelsen af indeklimaet. Begge disse størrelser bør holdes på så lave værdier som muligt, d.v.s. gerne mindre end 0,50 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> henholdsvis 0,25 m/m<sup>3</sup>. Konklusionen på undersøgelsen peger på, at rengøringsstandarden ikke må sænkes, og at man bør have bedre styring af temperaturen og ventilationen i rummene.

Litteratur: 23,24,25.

## CODE RÅD

I dette afsnit skal der opsummeres en række forhold, som det erfaringsmæssigt er værd at tage i betragtning, når man ønsker at etablere det bedst mulige indeklima i et rum eller en bolig.

I forbindelse med *valg af et sted* til et hus eller bolig, bør man sikre sig, at grunden og omgivelserne er tørre, således at terræn og dræn kan lede vand væk fra bygningen. Undgå placering i nærheden af vandområder: mose, fjord etc. samt steder med stor luft- og støjforurening. Placeringen af huset bør vurderes i forhold til verdenshjørner, solindfaldet og de fremherskende vindretninger.

For den konkrete boligs vedkommende vil der kunne opstå problemer, som skyldes boligens brug og folks boligvaner, og som kræver en indsats for at blive løst.

### Fugt på mure, vægge m.m.

Fugtpletter og fugtskjolder opstår på flader, der er kolde ved en høj relativ luftfugtighed. Fugtigheden kan skyldes utætte sokler og mure eller for lidt udluftning af boligen. Det er vigtigt, at man finder fugtkilden, og en egentlig fugtisolering bør overvejes, hvis fugtighedsmålinger stadig viser høje tal. I en god bolig bør man om vinteren komme ned på mindre end 40% relativ luftfugtighed. Vær opmærksom på kondens på ruder. Affugtere bør ikke opstilles permanent i et rum, og en mekanisk ventilation bør kun etableres efter en nærmere bygningsteknisk undersøgelse.

### Gulvbelægning

Generelt bør man undgå tæpper i soverum og i øvrigt have vaskbare gulve i så stor udstrækning som muligt. Parketgulve leveret fra fabrik og gulve med kork eller linoleum er velegnede. Det frarådes at anvende syrehærdet lak, som kan afgive formaldehyd.

### Inventar, møbler etc.

Til inventar og møbler anvendes der spånplader og andre træprodukter, som limes sammen. Vælg produkter, som er deklarerede, bl.a. med et lille indhold af formaldehyd. Lakerede overflader er lettest at rengøre. Man kan med fordel sørge for, at støv ikke lægger sig på oversiden af skabe m.m. ved at føre disse helt til loftet.

### Rengøring

Glatte overflader er nemmest at rengøre ved vask. Tæpper indeholder ofte store mængder snavs, som det er umuligt at få fjernet med en normal støvsuger, som sjældent

filtrerer luften tilstrækkeligt. Støvsugning med en kraftig støvsuger (mere end 1000 W), og med et filtersystem, som indeholder flere filtre, vil være en fordel.

### **Boligvaner**

Folk anvender deres bolig forskelligt, men man skal være opmærksom på, at udluftning af en bolig i daglig brug er absolut nødvendig, ikke mindst hvis der ryges. Røg og partikler sætter sig i tekstiler og afgives kun langsomt herfra. Ventilationen skal forøges op til 3 gange det normale for at få en tilfredsstillende indeluft.

### **Opvarmning**

Lukkede opvarmningssystemer bør fortrækkes i en bolig, fordi man undgår gasser m.m. fra forbrændingen. Specielt kan anvendelsen af gaskomfurer give problemer med kvælstofforbindelser i luften. Brændsel bør ikke opbevares indendøre, og man skal være opmærksom på, at brænde kan indeholde en del skimmelsvampe. Radiatorer skal placeres så langt fra væggen, at de nemt kan rengøres. Luftvarme er rigtigt udført en behagelig opvarmningsform, og ved hjælp af de rette kanaler og filtre kan man få en ren luft. Man skal være opmærksom på, at kanaler og filtre skal vedligeholdes og renses.

### **Våde rum**

I køkken, bad, bryggers etc. bør der være direkte ventilation til det fri, og det klares ved en emhætte i køkkenet. I bad og bryggers bør man etablere en tvungen ventilation, evt. styret af en hygrostat, og man bør ved vask og tørring i tørretumbler sørge for direkte udblæsning til det fri. Vaskemaskinesystemer med indbygget tørretumbler i, lukket udgave, hvor vandet kondenseres inde i systemet, synes at være en god løsning.

Litteratur: 27,29.

## FORSØGSBYGGERI

De tidligere omtalte problemer med fugt, materialer og disses afgasning m.m. medførte, at man i 70'erne vurderede mulighederne for at lave et optimalt indeklima. I samarbejde med en række institutter og rådgivende arkitekt- og ingeniørfirmaer udførte Byggeriets Udviklingsråd et stort udredningsarbejde med det formål at belyse og fastlægge væsentlige aspekter ved et byggeris tilblivelse. Byggeriet skulle opføres med henblik på at undersøge og vurdere, hvorvidt mennesker med astma og/eller allergi vil have gavn af at bo i et sådant byggeri.

Udover de sædvanlige byggetekniske overvejelser som *beliggenhed, konstruktionsudformning, boligstørrelse, materialevalg, tekniske installationer* blev *brugervenligheden* prioriteret højt.

Som et delresultat af dette arbejde blev der udarbejdet et katalog over såvel tekniske, økonomiske som sundhedsmæssige egenskaber af en lang række materialer m.m. vurderet efter en 3 trins skala

God----Middel----Dårlig

På baggrund af disse oplysninger blev Skejbyprojektet en realitet i 1983. Bygherren var boligselskabet Lejerbo, og byggeriet fik navnet Lærkebo. Der blev udarbejdet et projekt på 111 boliger på ialt 8700 m<sup>2</sup> fordelt på boliger mellem 31 m<sup>2</sup> og 105 m<sup>2</sup>.

De sundhedsmæssige krav som

1. nedbringelse af mængden af støvmider og skimmelsvampe
2. nedbringelse af mængden af støv, dampe m.m.
3. optimering af de termiske forhold
4. optimering af lys- og akustikforhold
5. optimering af brugervenlighed

blev søgt tilfredsstillet ved

1. valg af konstruktioner, der ikke medførte fugtophobning
2. valg af effektivt ventilationssystem (1 gang/time)
3. valg af egnede byggematerialer
4. valg af brugervenlig indretning
5. udgivelse af brugervejledning

Formålet med at lave sunde boliger blev søgt eftervist ved, at en række mennesker, som havde sygdomssymptomer (astma, allergi m.m.), fik fortrinsret til boligerne. Der var herefter mulighed for at lade disse sammen med en kontrolgruppe indgå i en større undersøgelse af boliger og beboere.

Undersøgelsen omfattede symptomregistrering, boligundersøgelser: luftskifte, temperatur, luftfugtighed, støv, mider, gasser m.m., og den løb over flere år. Konklusionen var den, at den effektive ventilation nedbragte vanddampmængden så meget, at mængden af husstøvmider i sovemiljøet blev bragt ned til et acceptabelt niveau. Beboernes opfattelse af indeklimaet blev også registreret som værende bedre. Derimod kunne der ikke registreres bedring i sygdomssymptomerne foranlediget af bedre rengøring.

Litteratur: 12,13.



## AFSLUTNING

*INDEKLIMA* er mange ting, og i det foregående er nogle væsentlige emner behandlet i relation til materialer og byggeri. Et vigtigt spørgsmål er, hvor meget man kan tåle af påvirkninger fra dampe, støv og partikler uden at blive syg. Og når flere komponenter optræder samtidig, hvad så?

Arbejdstilsynet har udarbejdet en liste over de arbejdshygiejniske grænseværdier.

Antages det, at man arbejder 1600 timer om året, er der 7000 timer til rådighed i hjemmet. Tager man hensyn til, at små børn trækker vejret hurtigere end voksne, og at ældre og udsatte grupper ikke kan tåle så meget, betyder det at en "bolighygiejnisk grænseværdi" højst må være 20-100 gange mindre end den arbejdshygiejniske. Det er næppe gørligt at bringe værdien ned til 0, men som retningslinje kan betragtningerne anvendes.

I den forbindelse vil det blive interessant at se, hvordan man vil forholde sig til disse problemer i det nye bygningsreglement, som i flere år har været på trapperne.

Materialernes indflydelse kompliceres også af, at mange produkter ofte skifter sammensætning uden varsel. Der er udarbejdet et katalog over materialer i forbindelse med Skejbybyggeriet, men det er ikke offentligt tilgængeligt af konkurrencemæssige grunde. Men for beboerne må et krav om bedre oplysninger om materialespecifikationer være rimelige.



## LITTERATUR

1. Andersen, Ib, P. Christiansen, H. Dührkop, G.R. Lundqvist og H. Skovbo Pedersen:  
Sundhedstilstanden i nyere etageboliger. København 1977.
2. Andersen, Svend: Malerbogen 1. Malematerialer, 4. udg.  
Teknologisk Instituts Forlag 1987.
3. Arbejdsmiljøfondet: Flere relevante publikationer, f.eks. om gulvbelægning, mikroprossecer, støv og træk.  
København 1985 og fremefter.
4. Arbejdsmiljøfondet: Tidsskriftet "Arbejdsmiljø". Løbende årgange.
5. Arbejdstilsynet: At-anvisning nr. 3.1.0.2. Grænseværdier for stoffer og materialer.  
April 1992.
6. Arbejdstilsynet: At-meddelelse nr. 1.01.9. Vejledning om indeklima.  
September 1986.
7. Arbejdstilsynet: Bekendtgørelse nr. 463 af 3. august 1982 om erhvervs-mæssigt malearbejde.
8. Arbejdstilsynet: Bekendtgørelse nr. 464 af 3. august 1982 om fastsættelse af kodenummer for produkter omfattet af bekendtgørelse nr. 463.
9. Arbejdstilsynet: Vejledning nr. 360/1, 1982 om foranstaltninger mod sundhedsfare ved bygningsarbejde.
10. Astma-Allergiforbundet: Astma-allergibladet og div. pjecer.  
Løbende årgang (1975 - ).
11. Berg, Ole, Arne Böttger, Thorkil Ehlert og Peter A. Nielsen: Indeklima, sundhed og trivsel indendøre.  
Nyt Nordisk Forlag 1983.
12. Byggeriets Udviklingsråd: Lærkebo: Forsøgsbyggeri for allergikere BUR rapport, november 1989.
13. Byggeriets Udviklingsråd: Lærkebo: Evaluering af boliger for allergikere BUR rapport, februar 1992.
14. Byggeforskningsrådet: Det sunde huset.  
Rapport från ett Nordiskt seminarium. Mars 1987.  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.
15. Byggestyrelsen: Bygningsreglement. 1982.

16. Byggestyrelsen: Asbestholdige materialer anvendt til loft- og vægbeklædninger.  
Vejledning, marts 1986.
17. Dansk Selskab for Allergologi: Husstøvmider og allergi.  
JP bureau, maj 1990.
18. Dansk Selskab for Materialprøvning og -forskning: Byggematerialer og indeklima.  
Materialnyt nr. 4, 1979.
19. Dansk Selskab for Materialprøvning og -forskning: Afgasning fra byggematerialer.  
Materialnyt nr. 2, 1983.
20. Dansk Selskab for Materialprøvning og -forskning: Organiske opløsningsmidler. Teknisk forebyggelse af sundhedsskader.  
Materialnyt nr. 1, 1988.
21. Dansk Selskab for Materialprøvning og -forskning: materialer og indeklima.  
materialnyt nr.2, 1988.
22. DANVAK: Varme- og klimateknik. Grundbog.  
Teknisk forlag A/S.  
København 1987.
23. Fanger, P.O.: OLF og decipol - de nye enheder for oplevet luftkvalitet.  
VVS-bladet, 24 (1988):2, p. 6-8 og Energy and Buildings, 12 (1988), p. 1-6.
24. Fanger, P.O.: En løsning på de syge bygningers mysterium.  
VVS-bladet, 24 (1988):3, p. 6-8.
25. Fanger, P.O., J. Knudsen, P. Blumssen og G. Clausen: Air pollution sources in offices and assembly holls quantified by the olf unit.  
Energy and Buildings, 12 (1988), p. 7-19.
26. Hansen, Mogens Krogh: Vandfortyndbare malervarers arbejdsmiljøegenskaber. Delrapporter.  
Arbejdsmiljøfondet, 1986 og fremefter.
27. ISS-serviceteam A/S: Bekæmpelse af indeklimagener.  
København 1988.
28. Nielsen, Peter A.: Indendørs luftforurening fra byggematerialer.  
VVS-bladet, 22 (1986):11, p 6-12.
29. Nordiske komite for byggebestemmelser, Den:  
INOMHUSKLMAT - LUFTKVALITET.  
NKB-skrift nr. 61, juni 1991.

Boligstyrelsen, Boligministeriet.

30. Ryde, John: Allergiforebyggende foranstaltninger i boligbyggeriet.  
Håndbog for byggeindustrien, nr. 25, 1986, p. 756-760.
31. Statens Byggeforskningsinstitut: Indeklimaet i boligen.  
SBI-anvisning, nr. 152, juni 1986.
32. Statens Byggeforskningsinstitut: Afgasning fra byggematerialer, forekomst og toksikologisk vurdering.  
SBI-rapport nr. 137, februar 1982.
33. Statens Byggeforskningsinstitut: Indeklimaets påvirkninger.  
SBI-rapport nr. 110, 2. udg., januar 1983.
34. Statens Byggeforskningsinstitut: Måling af termisk indeklima.  
SBI-rapport nr. 130, januar 1983.
35. Statens Byggeforskningsinstitut: Hovedpine og slimhindegener hjemme og på arbejde.  
SBI-rapport nr. 175, februar 1986.
36. Statens Byggeforskningsinstitut: Indeklimaproblemer. Undersøgelse og afhjælpning. SBI-rapport nr. 199, januar 1989.
37. Statens Byggeforskningsinstitut: Afgasning fra vandfortyndbare malinger.  
SBI-rapport nr. 207, maj 1990.
38. Svane, Peter: Asbest i indeklimaet.  
Teknologisk Institut, marts 1986.
39. Valbjørn, Ole og Peder Skov: Rådhusundersøgelsen.  
VVS-bladet, 23 (1987): 12, p. 59-64.



